

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2025-507937
(P2025-507937A)

(43)公表日 令和7年3月21日(2025.3.21)

(51)国際特許分類
G 0 1 F 1/84 (2006.01)

F I
G 0 1 F 1/84

テーマコード (参考)
2 F 0 3 5

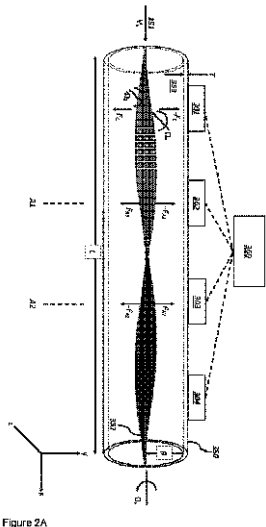
審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全27頁)			
(21)出願番号	特願2024-552331(P2024-552331)	(71)出願人	524326749
(86)(22)出願日	令和5年3月1日(2023.3.1)		シグナス インストゥルメンツ エーエス
(85)翻訳文提出日	令和6年11月5日(2024.11.5)		CIGNUS INSTRUMENTS
(86)国際出願番号	PCT/NO2023/050044		AS
(87)国際公開番号	WO2023/167591		ノルウェー国, 0 3 7 9 オスロ, ヒュ
(87)国際公開日	令和5年9月7日(2023.9.7)		ースビーバックケン 2 8 ビー
(31)優先権主張番号	20220264		Husebybakken 2 8 B, 0
(32)優先日	令和4年3月2日(2022.3.2)		3 7 9 Oslo, Norway
(33)優先権主張国・地域又は機関	ノルウェー(NO)	(74)代理人	110002066
(81)指定国・地域	AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV	(72)発明者	弁理士法人筒井国際特許事務所
	最終頁に続く		セーベルグ, ビョルン エリック
			ノルウェー国, 0 7 6 8 オスロ, ホブ
			セッテルヴェイエン 5 0 エー
		F ターム (参考)	2F035 JA02

(54)【発明の名称】 質量流量計

(57)【要約】

本発明は、質量流量計を提供する。質量流量計は、長手方向軸に沿って延在する管状ハウジング（250）を含む。管状ハウジングは、そこを通る流体（351）の流れを受けするように構成される。可撓性プレート（352）が管状ハウジングの少なくとも一部に沿って延在し、可撓性プレートの長手方向端部の両側において管状ハウジングの内壁に少なくとも部分的に結合される。これにより、可撓性プレートは、ねじり振動することができる。少なくとも1つの電磁アクチュエータシステム（302、303）が、可撓性プレートをねじり振動させるのに十分な少なくとも2つの揺動トルクを可撓性プレートに加えるように構成される。少なくとも2つのセンサシステム（301、304）は、加えられた少なくとも2つの揺動トルクから生じる位置で、時間の関数として可撓性プレートの揺動を測定するように構成される。また、本発明は、少なくとも1つの管状ハウジングを通る質量流量を測定するための方法を提供する。

【選択図】 図2A



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

質量流量計であって、

長手方向軸に沿って延在する管状ハウジングであって、前記管状ハウジングを通る流体の流れを受けるように構成された、管状ハウジングと、

前記管状ハウジングの少なくとも一部に沿って延在する可撓性プレートであって、前記可撓性プレートがねじり振動することができるように、前記可撓性プレートの長手方向端部の両側において前記管状ハウジングの内壁に少なくとも部分的に結合された可撓性プレートと、

前記可撓性プレートをねじり振動させるのに十分な少なくとも 2 つの揺動トルクを前記可撓性プレートに加えるように構成された少なくとも 1 つの電磁アクチュエータシステムと、

加えられた少なくとも 2 つの前記揺動トルクから生じる位置で、時間の関数として前記可撓性プレートの揺動を測定するように構成された少なくとも 2 つのセンサシステムと、を含む、質量流量計。

【請求項 2】

前記可撓性プレートに加えられる少なくとも 2 つの前記揺動トルクの正味和は、ゼロまたは実質的にゼロである、請求項 1 に記載の質量流量計。

【請求項 3】

少なくとも 2 つの前記揺動トルクは、互いに反対方向にある、請求項 1 または 2 に記載の質量流量計。

【請求項 4】

少なくとも 2 つの前記揺動トルクの和は、少なくとも 2 つの前記揺動トルクの最大値よりも小さい、請求項 1 に記載の質量流量計。

【請求項 5】

少なくとも 1 つの前記電磁アクチュエータシステムは、前記管状ハウジングの外側に配置された電磁装置と、前記管状ハウジングの内側に配置された磁化可能材料と、を含む、請求項 1 に記載の質量流量計。

【請求項 6】

前記電磁装置は、前記管状ハウジングの外側に配置された少なくとも 1 つのコイルを含む、請求項 1 に記載の質量流量計。

【請求項 7】

前記磁化可能材料は、前記可撓性プレート上に配置される、請求項 5 に記載の質量流量計。

【請求項 8】

前記磁化可能材料は、少なくとも 1 つの永久磁石を含む、請求項 5 に記載の質量流量計。

【請求項 9】

前記磁化可能材料は、少なくとも 1 つの永久磁石群を含み、前記永久磁石は、双極子を形成するように対称に並んで配置される、請求項 5 に記載の質量流量計。

【請求項 10】

前記磁化可能材料は、四極子を形成する 4 つの永久磁石群を含む、請求項 5 に記載の質量流量計。

【請求項 11】

前記磁化可能材料は、双極子を形成する 4 つの永久磁石群を含、請求項 5 に記載の質量流量計。

【請求項 12】

2 つの前記センサシステムの各々は、ピックアップを含む、請求項 1 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の質量流量計。

【請求項 13】

10

20

30

40

50

少なくとも1つの前記電磁アクチュエータシステムは、センサシステムとしても機能するように適合される、請求項1～12のいずれか1項に記載の質量流量計。

【請求項14】

前記管状ハウジングは、非磁化性材料のライナである、請求項1～13のいずれか1項に記載の質量流量計。

【請求項15】

前記ライナの外側に配置された圧力ハウジングをさらに含む、請求項14に記載の質量流量計。

【請求項16】

少なくとも1つの前記コイルは、前記磁化可能材料を交互に磁化および消磁する交番電磁界を提供するように配置される、請求項6～15のいずれか1項に記載の質量流量計。

【請求項17】

少なくとも1つの管状ハウジングを通る質量流量を測定するための方法であって、

少なくとも1つの前記管状ハウジングを通る流体の流れを受けるステップであって、ここで、前記管状ハウジングは、少なくとも1つの前記管状ハウジングの少なくとも一部に沿って延在する可撓性プレートを含み、前記可撓性プレートの長手方向端部の両側において少なくとも1つの前記管状ハウジングの内壁に少なくとも部分的に結合され、これにより、前記可撓性プレートは、ねじり振動することができる、ステップと、

少なくとも1つのアクチュエータシステムにより、少なくとも2つの揺動トルクを前記可撓性プレートに加えて前記可撓性プレートをねじり振動させて、選択された周波数でねじりモードで振動するように少なくとも1つの前記管状ハウジング内の前記可撓性プレートを駆動するステップと、

加えられた少なくとも2つの前記揺動トルクから生じる少なくとも2つの位置で、時間の関数としての前記可撓性プレートの揺動を測定するように構成された少なくとも2つのセンサシステムによって、前記可撓性プレートの複数の揺動を測定するステップと、

少なくとも2つの位置で測定された前記揺動間の位相シフトに基づいて、少なくとも1つの前記管状ハウジング内を流れる流体の質量流量を決定するステップと、を含む、方法。

【請求項18】

前記可撓性プレートに加えられる少なくとも2つの前記揺動トルクの正味和は、ゼロまたは実質的にゼロである、請求項17に記載の方法。

【請求項19】

少なくとも2つの前記揺動トルクは、互いに反対方向にある、請求項17または18に記載の方法。

【請求項20】

少なくとも2つの前記揺動トルクの和は、少なくとも2つの前記揺動トルクの最大値よりも小さい、請求項17～19のいずれか1項に記載の方法。

【請求項21】

CO_2 、 NH_3 、 H_2 、または天然ガスの流体の流れの質量流量を測定するための、請求項1～16のいずれか1項に記載の質量流量計または請求項17～20のいずれか1項に記載の方法の使用。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、管状ハウジングを通る流体の質量流量を測定するための質量流量計および方法に関する。より詳細には、本発明は、可撓性プレートを有する質量流量計に関する。また、質量流量計の使用法およびその方法も記載されている。

【背景技術】

【0002】

二酸化炭素回収・貯留（CCS）用の液体 CO_2 、流体石油製品、天然ガス、水素、お

10

20

30

40

50

よび水などの流体は、パイプラインで輸送されることが多い。このような流体は、高圧下で輸送されることが多い。パイプラインは、大水深の海底にある場合もあれば、陸上にある場合もある。また、石油精製所やその他の処理施設のような陸上施設でも、パイプラインを通じて流体が輸送されることがある。流体は、大きな寸法を有するパイプラインで輸送される。また、流体は通常、低密度になる。液体の H_2 は例えば密度が低い、気体の H_2 は密度が極めて低い。液体 CO_2 や天然ガスなどの高密度の流体は、水深が深く、水温が $4^\circ C$ の海底や、冷却装置を有する長いパイプラインで輸送／貯蔵されることが多い。液体 CO_2 は、実用的な理由（パイプラインの太さなど）から、パイプラインでの輸送を可能にするには高すぎる圧力を必要とするため、大気圧または $4^\circ C$ を超える環境温度では輸送されない場合がある。 $4^\circ C$ の海底では、圧力は約90バールになる。したがって、海底で液体 CO_2 を輸送するためのパイプラインを建設することは可能であり、現実的である。液体 CO_2 の質量密度は1立方メートルあたり約1.1トンである。液体 H_2 の質量密度は1立方メートルあたり約70kgである。流体の輸送は、パイプラインを通して移動する流体の量を測定することによって、リアルタイムで監視することができる。質量は圧力や温度の変化によって変化しないため、体積流量よりも質量流量の測定が好まれる場合がある。このため、質量流量測定はより正確である場合がある。超音波は液体によって減衰されるため、超音波測定に基づく質量流量計は、液体 CO_2 などの液体には適用できない場合がある。

10

【0003】

従来のコリオリ技術を使用した質量流量計は、入口と出口の間を流れる流体を運ぶパイプを振動させることで動作する。このパイプの振動は、パイプの測定値（例えば位置）の中心値に関する変動である揺動を提供する。流れている流体の慣性が振動に抵抗し、パイプにねじりを生じさせる。このねじりにより、入口側と出口側でパイプの揺動のタイムラグ（位相シフト）が生じる。この位相シフトは、パイプを通る流体の質量の影響を直接受ける。従来のコリオリ式流量計は、駆動力による正味ゼロの力を提供するために、流体の流れを2本のパイプに分割する。

20

【0004】

従来のコリオリ式直接質量流量測定は、高圧流体、特に低密度の流体dの質量流量測定には適さない場合がある。高圧流体の間接的な質量流量測定は、流体の差圧および／または密度を使用して行うことができるが、不正確になる可能性がある。

30

【0005】

例えば、水素や CO_2 の輸送パイプは非常に大きい寸法（直径最大24インチまたは30インチ）を有し、圧力は通常100バール～200バールである。既存のコリオリ式質量流量計は、最大直径が16インチであり、このような大きなパイプ内の流体の質量流量測定には使用できない。300バールのような非常に高い圧力で流体を輸送する場合、従来のコリオリ式流量計で使用可能な最大径は6インチ～7インチであり、圧力に耐えるために大きな厚さが必要である。低密度の流体を測定する場合、コリオリ式流量計は質量流量を検出するために薄い管状の壁である必要がある。薄い管状の壁は高い圧力に耐えることができない。したがって、既存のコリオリ式質量流量計は、例えば100バールを超える高圧の流体など、ラインサイズが非常に小さい場合、高圧用途には使用できない可能性がある。既存のコリオリ式質量流量計は、このような高圧に耐えるために厚さを大きくする必要があり、その結果、質量流量を検出するために振動することができない硬すぎる構造になってしまう。高い操作圧力および／または大きい直径を有するパイプラインの場合、コリオリ式流量計の圧力を伝える金属パイプは厚くなる。そのため、電磁アクチュエータを使用して測定パイプに力を加えることは、そのような厚いパイプラインでは不可能である。また、従来のコリオリ式流量計では、信号を供給するために流体の流れを高速にする必要があり、そのような高速はここでは不可能であるため、低密度の流体の質量流量を測定することができない場合がある。従来のコリオリ式流量計の設計は、流体の流れのためのパイプに比べて直径の小さい管を使用しているため、ベンチュリー効果により質量流量計よりも圧力が低下する可能性がある。 H_2 の場合、従来のコリオリ式質量流量計

40

50

での圧力降下は、例えば50バール～100バールとなる。この圧力降下は、例えば液体CO₂のような流体の沸騰を引き起こし、質量流量計による測定精度を低下させる原因となり得る。

【0006】

米国特許第5,392,656号には、前縁と後縁が流路の壁に固定された平面部材によって2つの平行で等しいサブ通路に分割された流路を提供する非振動導管を有する質量流量計が記載されている。平面部材は、流路の中心線と実質的に一致するその中心軸を中心にねじり振動される。2つのアクチュエータは、互いに対向して導管の内側に配置される。アクチュエータは、導管の壁の中、または壁を貫通して平面部材の近くまで延在してもよい。1対の振動センサは、流路の2つの異なる断面においてそれぞれ平面部材のねじり振動を検出する。流路内を移動する媒体の質量流量は、1対の振動センサからそれぞれ提供される2つの交番電気信号間の位相角差の関数として決定される。平面部材の近くにアクチュエータを配置することで、平面部材に制限された振動トルクを与えることができる。

10

【0007】

その全文が参照により本出願に組み込まれている米国特許第10393560B2号には、図1に示すように、管状ハウジング202と、可撓性プレート204と、アクチュエータ210と、少なくとも2つのセンサ214(214a、214b、214c、214d)および216(216a、216b、216c、216d)と、を有する質量流量計200が記載されている。管状ハウジング202は、空隙206を画定する長さL、壁厚T、および内半径Rを有する概ね円形の円筒状であってもよい。管状ハウジングは、流体の流れ102のための入口202iと、流体の流れ102のための出口202oと、を有する。可撓性プレート204は、可撓性プレートがねじり振動することができるように、管状ハウジングの内壁に結合され得る。アクチュエータ210は、可撓性プレートをねじり振動させるのに十分な揺動トルクを可撓性プレートに加えるように構成され得る。少なくとも2つのセンサ214および216は、異なる位置における時間の関数として可撓性プレートの揺動を測定するように構成され得る。また、質量流量計は、少なくとも2つのセンサと電氣的に通信する演算装置212を含むことができる。演算装置212は、少なくとも2つのセンサによって測定された可撓性プレートの揺動間の位相シフトから管状ハウジングを通過する流体の質量流量を決定するように構成される。

20

30

【0008】

高圧流体は、質量流量計にとって十分な強度で振動させることが困難な肉厚を有するパイプで輸送されることが多いため、米国特許第10393560B2号に記載された質量流量計には、ねじり振動する可撓性プレートを含む管状ハウジングが設けられる。プレートの振動は、そこを通る流体の流れによって変化する。可撓性プレートの揺動を異なる位置で測定することで、プレートの揺動の位相遅れを測定し、管状ハウジングを通過する流体の質量流量に関連付けることができる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

低密度の流体および／または高圧の流体の質量流量の測定には、先行技術の解決策では感度に課題がある可能性がある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、改善された質量流量計を提供する。

【0011】

本発明が提供する質量流量計は、長手方向軸に沿って延在する管状ハウジングを含む。管状ハウジングは、そこを通る流体の流れを受けると構成される。また、質量流量計は、管状ハウジングの少なくとも一部に沿って延在する可撓性プレートを含む。可撓性プレートは、可撓性プレートの長手方向端部の両側において管状ハウジングの内壁に少なく

50

とも部分的に結合される。これにより、可撓性プレートは、ねじり振動することができる。少なくとも1つの電磁アクチュエータシステムは、可撓性プレートをねじり振動させるのに十分な少なくとも2つの揺動トルクを可撓性プレートに加えるように構成される。少なくとも2つのセンサシステムは、加えられた少なくとも2つの揺動トルクから生じる位置で、時間の関数として可撓性プレートの揺動を測定するように構成される。

【0012】

さらに、可撓性プレートに加えられる少なくとも2つの揺動トルクの正味和は、ゼロまたは実質的にゼロであってもよい。少なくとも2つの揺動トルクは、互いに反対方向であってもよい。少なくとも2つの揺動トルクの和は、少なくとも2つの揺動トルクの最大値よりも小さくてもよい。

【0013】

さらに、少なくとも1つの電磁アクチュエータシステムは、管状ハウジングの外側に配置された電磁装置と、管状ハウジングの内側に配置された磁化可能材料と、を含んでもよい。電磁装置は、管状ハウジングの外側に配置された少なくとも1つのコイルを含んでもよい。磁化可能材料は、可撓性プレート上に配置されてもよい。磁化可能材料は、少なくとも1つの永久磁石を含んでもよい。磁化可能材料は、少なくとも1つの永久磁石群を含んでもよい。ここで、これらの永久磁石は、双極子を形成するように対称に並んで配置されてもよい。磁化可能材料は、四極子を形成する4つの永久磁石群を含んでもよい。代替的に、磁化可能材料は、双極子を形成する4つの永久磁石群を含んでもよい。質量流量計の2つのセンサシステムの各々は、ピックアップを含んでもよい。一実施形態において、少なくとも1つの電磁アクチュエータシステムは、センサシステムとしても機能するように適合されてもよい。

【0014】

少なくとも1つのコイルは、磁化可能材料を交互に磁化および消磁する交番電磁界を提供するように配置されてもよい。

【0015】

一実施形態において、質量流量計の管状ハウジングは、非磁化性材料のライナであってもよい。圧力ハウジングは、ライナの外側に配置されてもよい。

【0016】

さらなる態様において、本発明は、少なくとも1つの管状ハウジングを通る質量流量を測定するための方法を提供する。該方法は、少なくとも1つの管状ハウジングを通る流体の流れを受けるステップを含む。ここで、管状ハウジングは、少なくとも1つの管状ハウジングの少なくとも一部に沿って延在する可撓性プレートを含み、可撓性プレートの長手方向端部の両側において少なくとも1つの管状ハウジングの内壁に少なくとも部分的に結合される。これにより、可撓性プレートは、ねじり振動することができる。さらに、該方法は、少なくとも1つのアクチュエータシステムにより、少なくとも2つの揺動トルクを可撓性プレートに加えて可撓性プレートをねじり振動させて、選択された周波数でねじりモードで振動するように少なくとも1つの管状ハウジング内の可撓性プレートを駆動するステップと、加えられた少なくとも2つの揺動トルクから生じる少なくとも2つの位置で、時間の関数としての可撓性プレートの揺動を測定するように構成された少なくとも2つのセンサシステムによって、可撓性プレートの複数の揺動を測定するステップと、少なくとも2つの位置で測定された揺動間の位相シフトに基づいて、少なくとも1つの管状ハウジング内を流れる流体の質量流量を決定するステップと、を含む。

【0017】

可撓性プレートに加えられる少なくとも2つの揺動トルクの正味和は、ゼロまたは実質的にゼロであってもよい。少なくとも2つの揺動トルクは、互いに反対方向であってもよい。少なくとも2つの揺動トルクの和は、少なくとも2つの揺動トルクの最大値よりも小さくてもよい。例えば、3つの揺動トルクを加える場合、すべての揺動トルクの和はゼロまたは実質的にゼロとなる。

【0018】

10

20

30

40

50

さらなる態様において、上述した質量流量計または上述した方法は、 CO_2 、 NH_3 、 H_2 または天然ガスの流体の質量流量を測定するために使用されてもよい。

【0019】

上述した改善された質量流量計は、特にガス、例えば CO_2 、 NH_3 、 H_2 または天然ガスのような低密度および低粘度の流体に対して感度の向上を提供する。また、この質量流量計は、高圧で輸送されることの多い液体 CO_2 、液体 NH_3 、液体 H_2 、または液体天然ガス（LNG）に対しても感度の向上を提供する。また、この質量流量計は、二相流体や多相流体の質量流量を測定することもできる。

【0020】

可撓性プレートの長手方向中心を中心に対称に配置された少なくとも2つのアクチュエータシステムを使用することで、感度が向上する。2つのアクチュエータシステムは、可撓性プレートを第2次高調波振動またはそれ以上の偶数次高調波で加振することができる。これにより、質量流量計を測定される特定の流体の流れに適合させることができる。2つのトルクの使用は、所望の修正を励振するのに貢献する。トルクは逆方向であり、トルクの和は約ゼロまたは実質的にゼロであってもよい。第2次高調波および第4次高調波振動は、後述する理由から最も実用的な選択である可能性があるが、第3次高調波も非対称のトルクを使用することで実行されてもよい。さらに高い奇数次高調波も可能である。

【0021】

2つのアクチュエータシステムを使用することで、質量流量計のQ（品質）値が増加する。より高いQ値は、可撓性プレートに対してより鋭い共振ピークを提供する。共振ピークが鋭くなり、ひいては周波数範囲が狭くなる結果、質量流量計は周囲からのノイズの影響を受けにくくなる。また、Q値が高いということは、アクチュエータから可撓性プレートに入力されるエネルギーと、可撓性プレートの揺動から得られるエネルギーの比率が高いことを意味する。したがって、システムの駆動に必要なエネルギーは減少する。質量流量計のQ値の増加は、信号の増加、ノイズの低減、および測定感度の向上をもたらす。

【0022】

いくつかの用途では、導電性の管状ハウジングの使用が望ましくないか不可能である場合がある。高い操作圧力（例えば典型的には200バール超）および／または大口径パイプ（例えば典型的には24インチ超）のようないくつかの用途では、可撓性パイプのねじりを電磁的に作動させるためには、圧力を伝達する金属製管状ハウジングは厚すぎる場合がある。このような用途では、管状ハウジングの内側にアクチュエータとセンサを配置することが望ましい。これにより、アクチュエータおよび／またはセンサコイルが保護され得る。管状ハウジングの内側を流れる流体からの圧力は、外部の圧力をもつハウジングに伝達され得る。これは、例えば、液体（例えば石油）で満たされた金属膜や、処理圧力を、圧力をもつ金属製管状ハウジングに伝える成形プラスチックを使用することによって行ってもよい。管状ハウジングは、ライナであってもよい。圧力ハウジングは、ライナの外側に配置されてもよい。電磁アクチュエータは、圧力ハウジングの内側、且つライナの外側に配置されてもよい。圧力ハウジングとライナとの間の空間は、液体または固体の充填材で満たされてもよく、ライナの内側での流体の流れからの圧力を圧力ハウジングに伝えてもよい。また、充填材は、電磁アクチュエータを保護する役割を果たす。管状ハウジングはライナであってもよいので、流体の流れにおける高圧に耐える必要はない。可撓性プレートは、気体の質量流量を測定するのに十分柔らかくなくてもよい。例えば、液体または気体の CO_2 、 NH_3 、 H_2 または天然ガスの流体の流れ、あるいは多相流のような形態で、高圧でも測定できる。可撓性プレートを有するライナは、それ自体が高圧に耐える必要はなく、可撓性プレートは、大口径でも十分に柔軟で柔らかいように設計されるので、質量流量計は、大口径パイプに使用されてもよい。

【0023】

アクチュエータシステムとセンサシステムは、可撓性プレートの第4次高調波のねじり揺動の最大振幅に対応する位置、すなわち管状ハウジングの長さの1/8、3/8、5/8、7/8に配置されてもよい。また、これらの位置は、質量流量センサのアクチュエー

10

20

30

40

50

タシステムおよびセンサシステムの両方のために十分な空間を残している。

【図面の簡単な説明】

【0024】

以下、添付の図面を参照して本発明の例示的な実施形態を説明する。

【図1A】管状ハウジングと、管状ハウジング内に配置された可撓性プレートとを含む先行技術の質量流量計の例示的な一実施形態の斜視図である。

【図1B】可撓性プレートに作用するねじりのための力を示す図1Aの先行技術の解決策を示す図であり、ここで、可撓性プレートは結果として作動状態で示されている。

【図2A】管状ハウジングと、管状ハウジング内に配置された可撓性プレートとを含む質量流量計の例示的な実施形態の斜視図であり、ここで、質量流量計には、可撓性プレートの長手方向中心を中心として配置された2つのアクチュエータ装置と、可撓性プレートの長手方向中心を中心として配置された2つのセンサとが設けられており、可撓性プレートは作動状態で示されている。

【図2B】管状ハウジングと、管状ハウジング内に配置された可撓性プレートとを含む質量流量計の例示的な実施形態の斜視図であり、ここで、質量流量計には、可撓性プレートの長手方向中心を中心として配置された2つのアクチュエータ装置と、可撓性プレートの長手方向中心を中心として配置された2つのセンサとが設けられており、可撓性プレートは非作動状態で示されており、可撓性プレートには、磁石群または磁化可能材料が設けられている。

【図2C】管状ハウジングと、管状ハウジング内に配置され、可撓性プレートの長手方向中心を中心として配置されたアクチュエータ装置が設けられた可撓性プレートとを含む質量流量計の例示的な実施形態の斜視図であり、可撓性プレートは、非作動状態で示されており、可撓性プレート上に配置された磁石群または磁化可能材料を有する。

【図3A】質量流量計に使用される可能性のある4つのベーン(vane)を有する可撓性プレートの斜視図であり、ここで、可撓性プレートは、ねじれた第1次高調波の作動状態で示されている。

【図3B】質量流量計に使用される可能性のある4つのベーンを有する図3Aの可撓性プレートの斜視図であり、ここで、可撓性プレートは、ねじれた第2次高調波の作動状態で示されている。

【図3C】質量流量計に使用される可能性のある4つのベーンを有する図3Aの可撓性プレートの斜視図であり、ここで、可撓性プレートは、ねじれた第3次高調波の作動状態で示されている。

【図3D】質量流量計に使用される可能性のある4つのベーンを有する図3Aの可撓性プレートの斜視図であり、ここで、可撓性プレートは、ねじれた第4次高調波の作動状態で示されている。

【図4A】互いに隣接して平行に配置された2つの管状ハウジングと、各管状ハウジング内に配置された可撓性プレートとを有する質量流量計のさらなる例示的な斜視図である。2つの可撓性プレートは4つのベーンを含み、2つの可撓性プレートが逆位相の第1次高調波位置にあるように示されている。

【図4B】図4の質量流量計を示す図であり、それぞれの管状ハウジングに流入する流体の流れ $V_z 1$ および $V_z 2$ が示されており、ここで、アクチュエータシステムは、それぞれ逆位相の第1次高調波励振を与える力 $F_{x 1}$ および $F_{x 2}$ で、2つの可撓性プレートを作動させている。

【図4C】4つのベーン、アクチュエータシステム、およびベーンに作用する力 $F_{x 1}$ および $F_{x 2}$ を示す、図4Bの2つの管状ハウジングのそれぞれの断面図である。

【図5A】質量流量計のための電磁アクチュエータシステムの一実施形態の断面図であり、ここで、四極子断面を形成する可撓性プレートの4つのベーンのそれぞれに、双極子を形成する永久磁石群が配置され、電磁アクチュエータシステムのコイルシステムが管状ハウジングの外側に配置されている。

【図5B】質量流量計のための電磁アクチュエータシステムの一実施形態の断面図であり

、ここで、双極子をそれぞれ形成する永久磁石群が、4つの双極子群の断面を形成する可撓性プレートの4つのペーンにそれぞれ配置され、可撓性プレートの中心の両側に可撓性プレートを取り囲む2つのコイルシステムが配置されている。

【図5C】質量流量計のための電磁アクチュエータシステムの一実施形態の断面図であり、ここで、双極子をそれぞれ形成する永久磁石群が、2つの双極子群の断面を形成する可撓性プレートの4つのペーンにそれぞれ配置され、可撓性プレートの中心の両側に可撓性プレートを取り囲む2つのコイルシステムが配置されている。

【図6】圧力封入部として機能する内部ライナと外管を有する質量流量計の管状ハウジングの断面図である。

【図7】質量流量を測定する方法の例示的な実施形態を示すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

添付の図面は例示であり、必ずしも縮尺通りではない。図面は、本明細書に開示される主題の例示的な実施形態を説明することを意図しており、したがって、本開示の範囲を限定するものとみなされるべきではない。

【0026】

以下、図面を参照して例示的な実施形態を説明する。図面は、例えば質量流量計およびその異なる部品の構造、機能、製造および使用に関する開示された質量流量計の原理を理解するためのものである。図面は必ずしも縮尺通りではない。

【0027】

図1は、流れる流体を含む流体チャネル100（例えば、パイプまたはパイプライン）と、それぞれの端部において少なくとも部分的にそれに結合された質量流量計200とを有する先行技術の質量流量計200を示す。質量流量計200は、管状ハウジング202と、ねじり振動するように構成された可撓性プレート204とを有する。これにより、可撓性プレート204の動きの測定は、流れる流体の質量流量に関連することができる。質量流量は、管状ハウジング202の形状に関係なく、質量流量計200によって直接測定され得る。先行技術の質量流量計には、管状ハウジング204の長手方向中心の表面に配置された1つのアクチュエータ210が設けられる。このアクチュエータは、可撓性プレートをねじり振動させるのに十分な揺動トルクを可撓性プレートに加えるように構成される。アクチュエータの周波数は、可撓性プレートの共振周波数に設定されてもよい。2つのセンサ214および216は、管状ハウジングの長手方向中心に関して対称に配置され、加えられた揺動トルクから生じるこれらの2つの位置における時間の関数としての可撓性プレートの複数の揺動を測定する。

【0028】

図1Bは、可撓性プレートにねじりが加えられた図1Aの質量流量計を示している。図に示すように、可撓性プレートの長手方向軸Aは、質量流量計のx軸と平行である。アクチュエータによって加えられる力 F_A 、 $-F_A$ は、y軸と平行で互いに反対方向をもってもよい。これらの力は、可撓性プレートの幅の一部または全部に沿って作用してもよい。加えられる力 F_A 、 $-F_A$ は、可撓性プレートをねじりモードで振動させるように刺激する揺動トルクを提供するために、大きさと方向が変化する。その結果、可撓性プレートに作用するコリオリ力 F_C 、 F_C は、角速度 Ω_y 、 Ω_y でねじり振動を与える。

【0029】

可撓性プレートが励振され、ねじりモードで振動し、測定される流体の流れと相互作用すると、可撓性プレートの2つの異なる位置での振動の間に位相シフトが生じる。流れる流体の質量は可撓性プレートの励振に影響を与え、可撓性プレートに沿って進む励振または波の遅延を引き起こす。この遅延は、可撓性プレートに沿って長手方向に進むときのある種のドップラー効果とみなすことができる。

【0030】

位相シフトは、流体の質量流量にほぼ比例する。したがって、センサは、第2のセンサによって検出される前に、可撓性プレートに沿った流体の流れに十分長い移動長を提供す

10

20

30

40

50

るために、間隔を空けて配置されてもよい。流体の質量流量の直接測定は、質量流量計の比例定数を決定することによって達成されてもよい。流体の質量流量の推定は、センサシステムからのセンサ信号を受信する演算装置によって実行されてもよい。

【0031】

図2Aおよび図2Bは、管状ハウジング350を有する質量流量計310の例示的な実施形態を示している。この管状ハウジングは、長さL、肉厚T、および空隙353を画定する内半径Rを有する概ね円筒形の形状であってもよい。管状ハウジング300の長さLおよび空隙353は、管状ハウジング350の両端に位置するハウジング入口とハウジング出口との間の長手方向軸Aに沿って延在する。管状ハウジング300は、ハウジング入口とハウジング出口との間において実質的に直線状であってもよい。流体の流れと接触する管状ハウジングの表面は、流体の流れを妨げる不必要な摩擦を避けるために、丸みを帯びて滑らかであってもよい。

10

【0032】

管状ハウジング353は、例えば流体チャネル（例えばパイプライン）および監視される流体の流れ、ならびに周囲の温度および／または圧力、流体の流れの温度および／または圧力、流体チャネルおよび管状ハウジングの材料などの他の状況に応じて、他の幾何学的形状をとることができる。管状ハウジングの形状および／または材料は、流体チャネルの形状および／または材料とほぼ同じであってもよい。管状ハウジングは、例えばポリマー、セラミック、金属、金属合金（例えば、銅、銅および銅合金、アルミニウムおよびアルミニウム合金など）を含むあらゆる適切な材料から形成されてもよい。

20

【0033】

質量流量計310は、流体チャネルと一体的に形成されてもよい。流体全体の流量 V_{x351} は、質量流量計を通過する。質量流量計のハウジングの入口と出口は、流体チャネルまたは流体システムのパイプラインポンプやディスペンサーなどと流体密結合を形成してもよい。流体密結合の例としては、ねじ式結合、クランプ、溶接などが含まれるが、これらに限定されるものではない。

【0034】

質量流量計310は、パイプライン内に配置されてもよい。この場合、管状ハウジングは、周囲からの圧力にさらされないため、高圧環境下での質量流量計の使用が可能になる。これにより、管状ハウジングは、パイプラインよりもはるかに薄く軽い材料で製造することができる。管状ハウジングは、ライナであってもよい。ライナは、非磁化可能材料から形成されてもよい。ライナは、導電性材料または非導電性材料から形成されてもよい。圧力ハウジング390（図6）は、ライナ391の外側に配置されてもよい。圧力ハウジングは、導電性材料から形成されてもよい。

30

【0035】

電磁アクチュエータシステム（302、303）は、管状ハウジングの外側に配置された電磁装置と、管状ハウジングの内側に配置された磁化可能材料とを含んでもよい。アクチュエータシステムからの2つの力は、それぞれ F_{A1} 、 $-F_{A1}$ および F_{A2} 、 $-F_{A2}$ と示されている。これらの力はトルクと同じである。その結果生じるコリオリ力 F_C 、 F_C が可撓性プレートに作用し、角速度 Ω_y および Ω_y のねじり振動を生じる。可撓性プレートに加えられる2つの揺動トルクの正味和は、ゼロまたは実質的にゼロであってもよい。少なくとも2つの揺動トルクは、図2Aに示すように、互いに反対方向であってもよい。少なくとも2つの揺動トルクの和は、少なくとも2つの揺動トルクの最大値よりも小さくてもよい。例えば、3つの揺動トルクを加える場合、すべての揺動トルクの和はゼロまたは実質的にゼロとなる。質量流量計には、2つのセンサシステム（301、304）が設けられる。

40

【0036】

図6は、圧力封入部として機能する内部ライナ391および外管390を有する質量流量計の一実施形態を示す。電磁アクチュエータ302、303およびセンサシステム301、304は、圧力ハウジングの内側、且つライナの外側に配置されてもよい。圧力ハウ

50

ジングとライナの間の空間は、ライナ 391 の内側における流体の流れ 351 からの圧力を圧力ハウジングに伝達するために、液体または固体の充填材で満たされてもよい。この充填材は、電磁アクチュエータおよびセンサシステムを保護する役割も果たしてもよい。管状のハウジングがライナである場合、流体の流れの高圧に耐える必要はない。この解決策は、例えば、外側の圧力ハウジングが厚すぎて電磁アクチュエータの使用が不可能な高圧流体の測定に使用されてもよい。

【0037】

図 2 A は、管状ハウジング内に配置された可撓性プレート 352 を示している。可撓性プレートは、第 2 次高調波揺動で示されている。管状ハウジングは、空隙 353 を形成する。可撓性プレート 352 は、管状ハウジング 350 の長手方向軸 A の方向に延在することができる。可撓性プレート 352 は、管状ハウジング 350 の少なくとも一部に沿って延在してもよい。可撓性プレートは、1 つまたは複数の位置において、管状ハウジング 350 の内壁（例えば、空隙 353 の壁）に少なくとも部分的に結合することができる。可撓性プレートは、その長手方向の両端において、管状ハウジングの内壁に部分的に結合されてもよい。例えば、可撓性プレートの第 1 の端部は、ハウジング入口 i またはその近傍において、管状ハウジングに少なくとも部分的に結合され得、可撓性プレートの第 2 の端部は、ハウジング出口またはその近傍において、管状ハウジングに少なくとも部分的に結合され得る。代替的に、可撓性プレートは、その可撓性プレートの端部の一方において管状ハウジング 350 に取り付けられてもよい。さらなる実施形態において、2 つ以上の可撓性プレート 352 がハウジング（図示せず）内に配置され得る。

【0038】

図 2 B に示すように、可撓性プレート 352 は、実質的に平面状のプレートの形態を有することができる。この可撓性プレートは、管状ハウジング 350 の内径（ $2R$ ）とほぼ等しい幅 W を有してもよい。空隙 353 の壁と可撓性プレート 352 との間の隙間が小さいので、流体 V_x のかなりの量が可撓性プレート 352 の対向する縁の間を通過することはできない（例えば、図 2 B では垂直方向）。隙間が小さいので、可撓性プレートは、管状ハウジングを通過する流体の流れのほぼ全体と相互作用する。いくつかの実施形態において、可撓性プレートは、平衡状態または固定されていない状態（図示せず）で湾曲した形状を有してもよい。いくつかの実施形態において、可撓性プレートは、管状ハウジングの内部に取り付けられたときに、可撓性プレートの共振周波数を変化させるために、延ばされるか引き伸ばされ、張力が与えられてもよい。

【0039】

質量流量計は、アクチュエータシステム 302、303 を含むことができる。アクチュエータシステムは、可撓性プレートをねじり振動させるのに十分な少なくとも 2 つの揺動トルクを可撓性プレートに加えるように構成されてもよい。アクチュエータシステムは、図 2 A および図 2 B に示すように、2 つのアクチュエータ 302、303 を含んでもよい。図 2 A および 2 B に示すように、2 つのアクチュエータは、管状ハウジング 350 の外側に配置される。管状ハウジングの外側に配置することは、例えば、管状ハウジングの表面上、または管状ハウジングの外側表面に隣接して配置することを含んでもよい。アクチュエータシステム 302、303 は、管状ハウジングの長手方向の異なる位置に配置されてもよい。アクチュエータは、可撓性プレート 352 の長手方向中心に関して対称に配置されてもよい。

【0040】

アクチュエータ 302、303 は、可撓性プレート 352 に揺動トルクを加えて、選択された周波数で可撓性プレートをねじりモードで振動させるように構成され得る。ねじりモードは、基本周波数だけでなく、偶数次および奇数次高調波も含む可撓性プレートの共振周波数であってもよい。ねじりモードは、図 3 A ~ 図 3 D にそれぞれ示すように、第 2 次高調波揺動、第 3 次高調波揺動、または第 4 次高調波揺動であってもよいが、より高い高調波が適用されてもよい。図 2 A および図 2 B では、アクチュエータ 302、302 は、可撓性プレートの長さの $3/8$ および $5/8$ の位置に配置される。流体の流れと作動さ

れた可撓性プレート352との相互作用の結果を検出するためのセンサまたはセンサシステム301、304は、可撓性プレートの長さの1/8および7/8に対応する位置に配置される。これらの位置(1/8、3/8、5/8、7/8)は、後述する可撓性プレートの第4次高調波揺動の最大振幅の位置に対応する。

【0041】

少なくとも2つのアクチュエータが使用されてもよい。少なくとも2つのアクチュエータによって可撓性プレートに加えられる少なくとも2つの揺動トルクの正味和は、ゼロまたは実質的にゼロであってもよい。少なくとも2つの揺動トルクは、互いに反対方向であってもよい。少なくとも2つの揺動トルクの和は、少なくとも2つの揺動トルクの最大値よりも小さくてもよい。例えば、3つの揺動トルクを加える場合、すべての揺動トルクの和はゼロまたは実質的にゼロとなる。

【0042】

アクチュエータ302、303は、電磁アクチュエータであってもよい。電磁アクチュエータは、1つまたは複数の電磁コイルの形態であってもよい。電磁コイルは、磁気コアを有することができるコイルである。コイルは、管状ハウジングの周囲に配置されてもよく、可撓性プレート内にまたはその上に配置された磁性材料150、151、152、153、154、155、156、157によって提供される磁気コアの周囲に配置されてもよい。可撓性プレート352の少なくとも一部は、磁性材料(例えば、金属、金属合金、鋼、ポリマーなど)から形成され得る。可撓性プレート352は、1つまたは複数の埋め込み永久磁石150、151、152、153、154、155、156、157を含むことができる。また、磁性材料または永久磁石150、151、152、153、154、155、156、157は、可撓性プレート352の外側表面上に配置されてもよい。磁性材料および永久磁石150、151、152、153、154、155、156、157は、コイルからの磁界内の位置において可撓性プレート上に配置されてもよい。永久磁石または可撓性プレートの磁性材料は、コイルからの磁界によって可撓性プレートを効果的に作動させるために、図2Bに示すように、コイルに対応する位置に配置されてもよい。コイルは、選択された周波数で可撓性プレートに揺動トルクを加えるために磁界を発生させるコイルに供給される電流を制御するためのコントローラ300または例えば演算装置に接続されてもよい。コイルに加えられる電流の大きさ、周波数および/または位相の少なくとも1つは、可撓性プレートに揺動トルクを加える1つまたは複数の磁界を発生させることを可能にするために制御されてもよい。可撓性プレートは、基本周波数、偶数次高調波、奇数次高調波のいずれにおいても共振周波数で駆動されてもよい。コントローラは、例えばコンピュータや電源装置であってもよい。コイルは、例えばセンサシステムからのフィードバックを受け取って可撓性プレートを共振で駆動させるように構成されてもよい。

【0043】

上述したように、質量流量計310は、質量流量とねじり振動する可撓性プレートとの相互作用を測定するためのセンサシステム301、304も含むことができる。センサシステム301、304は、可撓性プレート352の動きを時間の関数として測定するように構成されてもよい。センサシステム301、304は、流体Vx351の流れに関して、長手方向中心Cの上流側および下流側の位置における可撓性プレートの動きを測定してもよい。可撓性プレート352の動きは、可撓性プレートがねじり振動するときに時間の関数として揺動する可撓性プレートの任意のパラメータによって特徴付けることができる。例示的なパラメータには、位置、速度、加速度、および変位などの線形パラメータおよび/または角度パラメータが含まれるが、これらに限定されるものではない。特定の実施形態において、角度、角速度、および角加速度を測定することができる。他の態様では、応力および/または歪みを測定することができる。センサシステム301、304は、管状ハウジングに沿った位置に配置されたピックアップセンサの形態であってもよい。ピックアップセンサは、可撓性プレートの回転速度および方向を測定してもよい。ピックアップセンサは、例えばホール効果に基づくものであってもよく、磁気ピックアップセンサであ

10

20

30

40

50

ってもよい。磁気ピックアップセンサは、例えば管状ハウジングの外側に、管状ハウジングに埋め込まれた状態で、または管状ハウジングの一部が埋め込まれた状態で、あるいは管状ハウジングの近傍に、コイルが配置されたものであってもよい。他の実施形態において、センサは、電磁センサの形態であってもよい。電磁センサは、コイルが管状ハウジングの周囲に配置され、磁性材料によって磁気コアが提供される電磁コイルであってもよく、アクチュエータシステムについて上述したように、可撓性プレート上または可撓性プレート内に設けられる。また、電磁センサは、一部の実施形態において、アクチュエータシステム自体であってもよい。この場合、電磁アクチュエータシステムは、可撓性プレートに揺動トルクを加える作動モードと、可撓性プレートの動きを検出する検出モードとの間で切り替わるように制御されてもよい。モードの切り替えは、質量センサによる測定中に連続的または間欠的に実行されてもよい。他の実施形態において、センサシステムは、可撓性プレートの端部に配置された歪みゲージの形態であってもよい。可撓性プレートの端部では、速度や加速度は発生しない。センサシステムは、センサシステムからのセンサ信号を受信する演算装置またはコントローラまたは他の装置に接続されてもよい。また、演算装置、コントローラまたは他の装置は、センサシステムを制御してもよい。

10

20

30

40

50

【0044】

センサシステム301、304は、質量流量計内の異なる位置に配置された多数のセンサを含んでもよい。センサシステムは、加えられたトルクによる励振時に可撓性プレートが最も大きな動きを示す位置に配置されてもよい。図2Aおよび図2Bでは、センサシステムは上述したものであり、可撓性プレートの第4次高調波揺動が最大振幅を示す位置に配置された2つのセンサを有する。これらの位置は、可撓性プレートの長さの $1/8$ 、 $3/8$ 、 $5/8$ 、 $7/8$ の位置である。最大パラメータ値を測定することで、センサシステムからの大きな信号出力が保証され、感度が向上する。最大振幅の位置でアクチュエータシステムにより可撓性プレートを作動させることで、可撓性プレートへのエネルギー伝達が高まり、質量流量センサの感度の向上に寄与する。2つのセンサを使用することで、図2Aに示すように、第1のセンサを $1/8$ の位置に配置し、第2のセンサを $7/8$ の位置に配置することができる。これにより、図2Aに示すように、また上述したように、可撓性プレートの長さの $3/8$ と $5/8$ の位置にアクチュエータシステムの配置空間が残される。可撓性プレートを第2次、第3次、第4次およびそれ以上の高調波で駆動すると、質量センサのQ値と感度が向上する可能性がある。Q値とは、簡単に言えば、揺動する可撓性プレートのエネルギーと、揺動を生じさせるために可撓性プレートに入力されるエネルギーとの関係を意味する。一般的に、可撓性プレートに加わるねじりは、トルクを加えると可撓性プレートが大きく揺動するような位置にある必要がある。この最大振幅の位置では、可撓性プレートは、流体の流れにさらされた際に、速度と加速度の最も大きな変化を経験することになる。これらの変化は、質量流量計のセンサシステムによって測定される。可撓性プレートの第4次高調波に対応する位置にセンサとアクチュエータシステムを配置することは、第2次および第3次高調波にも使用されてもよい。この場合、センサおよびアクチュエータシステムの配置は、可撓性プレートの揺動の最大振幅に近くなる。図2Aおよび図2Bに示す実施形態では、質量流量計は、奇数次高調波および偶数次高調波の状態の両方で駆動され得る。これにより、質量流量計の柔軟性と、実際の流量状況および質量流量計から得られる情報を質量流量計に適応させる可能性を提供する。偶数次高調波の状態では、可撓性プレートに加わる揺動トルクの正味和がゼロまたは実質的にゼロになる。気泡を含む液体の流れなど、二相流における質量流量の検出を可能にするため、質量流量計を同時に複数のモードで駆動させることができてもよい。これは、例えば CO_2 、 NH_3 、 H_2 、またはLNGなどの質量流量の測定に有利であり得る。

【0045】

可撓性プレートには、多数のベーンが設けられてもよい。ベーンの数、2つ、3つ、4つ、または8つ以上であってもよい。ベーンは、互いに約 90° の角度で半径方向外側に延在してもよい。ベーン間の角度は変化してもよい。ベーンは、ほぼ等しい幅を有することができる。ベーンの数およびベーン間の角度は、測定される流体の流れの特性および

流体の流れの環境や周囲などのその他の要因に応じて変化されてもよい。ベーンは、可撓性プレートのねじり剛性を増加させることなく、可撓性プレートの剛性を高め、可撓性プレートの曲がりを防止する。質量センサは、可撓性プレートに揺動トルクを加えて可撓性プレートを高調波揺動させることを基本とし、ねじりに対する高感度により、可撓性プレートの流体の粘度に対する感度が高まる。例えば、 H_2 などの液体ガスのような低密度の流体や、 CO_2 などの高密度の液体の場合、 H_2 や CO_2 の質量流量を十分に高い感度で測定するには、ねじり剛性を低くする必要がある。

【0046】

図3A～図3Dは、4つのベーンを有する可撓性プレート352の一実施形態を示している。ベーンは、互いに90度の角度で配置されたクロス構成で配置される。図は、アクチュエータシステムによって作動された、異なるねじり高調波モードにおける可撓性プレートを示す。図は、異なる高調波モードにおける最大振幅位置を示す。図3Aは、第1次高調波揺動における可撓性プレートの作動状態を示す。この第1次高調波状態では、可撓性プレートの長手方向中心で最大振幅となる。長手方向中心付近にアクチュエータシステムを配置すると、可撓性プレートに最大のQ値が得られる。センサの位置と配置は、使用するセンサの種類によって異なる。図3Bは、第2次高調波揺動における可撓性プレートの作動状態を示す。最大振幅は、可撓性プレートの長さの $1/4$ と $3/4$ の位置で発生し、これらの位置は、システムに最大のQ値をもたらす。図3Cは、第3次高調波揺動における可撓性プレートの作動状態を示す。最大振幅は、可撓性プレートの長さの $1/6$ 、 $3/6$ 、 $5/6$ の位置で観測される。図3Dは、第4次高調波揺動における可撓性プレートの作動状態を示しており、最大振幅は、可撓性プレートの長さの $1/8$ 、 $3/8$ 、 $5/8$ 、 $7/8$ の位置で観測される。

【0047】

図2Cは、アクチュエータシステム305が、割り当てられた磁性材料または永久磁石152、153、154、155の上に延在する可撓性プレートの長手方向中心付近で位置A₁およびA₂に配置された実施形態を示している。磁性材料または永久磁石は、それらの磁極に関して非対称に配置され、共通のコイルシステムを駆動することにより、矢印で示される方向で、位置A₁およびA₂の可撓性プレートに、作動力F_{A1}、 $-F_{A1}$ およびF_{A2}、 $-F_{A2}$ がそれぞれ加えられる(図2A)。センサシステム301、304は、図2Aおよび図2Bと同じセンサシステムであってもよい。アクチュエータシステムは、可撓性プレートの領域を覆う。図2Bのアクチュエータシステムは、管状ハウジングの周囲に配置された少なくとも2つのコイルと、可撓性プレート352内、その上、またはそこに埋め込まれた磁石152、153、154、155(例えば永久磁石または磁化可能材料)とを有する電磁アクチュエータシステムによって提供されてもよい。各コイルは、管状ハウジングの第1および第2の領域を覆う複数の巻線を含んでもよい。各コイルは、第1および第2の領域が図2Cに示すアクチュエータシステムの領域全体を覆うように並んで配置されてもよい。また、各コイルは、図2Cのアクチュエータシステムによって示された領域において、管状ハウジングの中心から距離を置いて配置されてもよい。双極子を形成する2つの永久磁石群は、可撓性プレート上に、または可撓性プレート内に配置されてもよく、可撓性プレートに部分的にまたは完全埋め込まれてもよい。コイルは、永久磁石とともにねじり振動する可撓性プレートに少なくとも2つの揺動トルクを加えることができるように、互いに十分離れた距離で配置されてもよい。双極子の2つの永久磁石群は、それらの磁極に関して非対称に配置されてもよい。各永久磁石は、棒磁石であってもよく、より強力な磁石を提供するために、極を同じ方向に向けて各棒磁石を並べて配置することで、群が形成されてもよい。また、群は、棒磁石の複数の層を含んでもよい。2つの双極子永久磁石群を形成することで、強力な磁気双極子が形成され、磁界が増加し、その結果、可撓性プレートに加えられるトルクが増加する。2つのコイルを対称に駆動すること、すなわち、同じ周波数および位相を有する電流で2つのコイルを駆動することで、2つのコイルからの磁界は、同時に同じ方向となる。2つの双極子磁石群が対向する双極子で配置されているため、可撓性プレートは、磁石群の位置A₁、A₂で可撓性プレ

ートに加えられる2つの逆向きの揺動トルクを経験することになる。可撓性プレートに加わる揺動トルクの正味和は、ゼロまたは実質的にゼロになってもよい。2つのコイルを使用することにより、アクチュエータシステムは、可撓性プレートをねじり振動させるのに十分な少なくとも2つの揺動トルクを可撓性プレートに加えるように構成されてもよい。図2Cの実施形態は、第1次高調波揺動で可撓性プレートを振動させてもよい。

【0048】

図4A、図4Bは、質量流量計310のさらなる実施形態を示している。ここで、2つの管状ハウジング350は、並んで配置される。各管状ハウジングには、可撓性プレート352が設けられる。各可撓性プレートは、管状ハウジングの少なくとも一部に沿って延在し、可撓性プレートの長手方向の両側端部において、管状ハウジングの内壁に少なくとも部分的に結合される。これにより、可撓性プレートは、ねじり振動できるようになる。2つの可撓性プレートは、逆位相の第1次高調波位置にある状態が示されている。測定される流体の流れは、両方の管状ハウジングを流れるようになっている。可撓性プレートには、多数のベーンが設けられてもよい。図4A、図4Bでは、各可撓性プレートには、互いに90度の角度で配置された4つのベーンが設けられる。アクチュエータシステム340は、可撓性プレートの長手方向中心の領域に配置されてもよい。1つのアクチュエータシステムが、両方の管状ハウジングを覆うように設けられてもよい。この共通のアクチュエータシステムは、例えば、2つの管状ハウジングを覆うコイルを有してもよい。永久磁石または磁化可能材料は、各可撓性プレートに設けられてもよい。代替的に、アクチュエータシステムは、各管状ハウジングに設けられてもよい。アクチュエータシステムは、それぞれ F_{x1} および F_{x2} の力で2つの可撓性プレートを作動させ、図に示すように逆位相の第1次高調波揺動を提供してもよい。

【0049】

2つの可撓性プレートは、第1次高調波のねじり励振で示されているが、第1次高調波のねじり振動は逆位相である。流体は、質量流量計の管状ハウジングの両方を流れ、逆位相で揺動する可撓性プレートと相互作用すると、質量流量計のセンサからの複合信号の感度が向上する可能性がある。可撓性プレートのねじり剛性は、長さに沿ってわずかなばらつきがある可能性があり、位相が異なる2つの類似した可撓性プレートを揺動させることで、ねじり剛性のわずかなばらつきを平均化することができる。

【0050】

図4Cは、図4Bの2つの管状ハウジングのそれぞれの断面を示しており、4つのベーン、アクチュエータシステム、およびベーンに作用する力 F_{x1} および F_{x2} の方向を示している。図4A～図4Cに示すような4つのベーンを有する可撓性プレートの構成は、例えば図2A～図2Cに示す質量流量計で使用されてもよい。

【0051】

電磁アクチュエータシステムのコイルと永久磁石の構成例が、4つのベーンを有する可撓性プレートについて図5A～図5Cに示されている。図5A～図5Cは、永久磁石の構成を示す断面図である。図5Aは、四極子の断面図を示しており、電磁アクチュエータシステムのコイルシステム360、361、362、363が管状ハウジングの外側に配置される。ベーン内の磁石は、交互に磁極が外側を向くように配置される（北、南、北、南）。図5Bは、永久磁石の4組の双極子の断面図を示しており、可撓性プレートの中央の両側にある可撓性プレートを取り囲む2つのコイルシステム370、371を示している。磁石は、磁極対が外側を向くように配置される（北、北、南、南）。図5Cは、永久磁石の2組の双極子の断面図を示しており、可撓性プレートの中央の両側にある可撓性プレートを取り囲む2つのコイルシステム380、381を示している。ベーン内の磁石は、異なる磁極が外側を向くように配置され（北、南）、双極子を形成している。

【0052】

図5Aでは、電磁アクチュエータシステムは、可撓性プレートの4つのベーンに永久磁石群がそれぞれ配置される。各磁石群は、並んで配置された双極子棒磁石によって形成される。双極子の方向は、図5Aに示すように、ベーンからベーンへと変化する。第1のベ

ーンではN極が外側を向き、第2のベーンではN極が内側を向き、第3のベーンではN極が外側を向き、第4のベーンではN極が内側を向く。第1のベーンと第3のベーンのS極は互いに向き合い、第2のベーンと第4のベーンのN極は互いに向き合う。また、図5Aでは、互いに向き合う磁石群は、互いに向き合う双極子を有する。磁石群は、可撓性プレートの長手方向中心の周りに配置されてもよい。2つのコイルは、可撓性プレートの長手方向軸の領域で可撓性プレートを取り囲む共通のコイルシステムを形成してもよい。コイルに加えられる電流の位相を制御することにより、ベーン間の双極子の方向が交互に変わるため、可撓性プレートの各ベーンに逆向きの揺動トルクが加わる。また、電流の周波数は、制御されて可撓性プレートを高調波揺動でねじり励振し、ベーンの揺動の振幅を所望の大きさに制御するために電流の大きさを制御する。

10

【0053】

図5Bの実施形態において、各システムが図5Aに示されているような2つの電磁アクチュエータシステム370、371が、可撓性プレートの長手方向中心に関して対称に配置されてもよい。第1のアクチュエータシステムは、可撓性プレートの長手方向長さの $3/8$ の位置に配置されてもよく、第2のアクチュエータシステムは、可撓性プレートの長手方向長さの $5/8$ の位置に配置されてもよい。各アクチュエータシステムは、同じ極が同じ方向を向いて並んで配置された（対称に配置された）永久棒磁石群を含んでもよく、可撓性プレートを取り囲む2つのコイルと同じ位置（ $3/8$ および $5/8$ ）にある各ベーンに双極子を形成してもよい。本実施形態において、各ベーンの2つの双極子磁石群は、同じ方向を向いている。2つの電磁アクチュエータシステムは、逆位相（非対称）の電流で駆動させてもよい。これにより、可撓性プレートにねじりが加わり、可撓性プレートの第4次高調波揺動が得られる。巻線の数を増やすと、コイルの磁界も強くなる。

20

【0054】

図5Bでは、アクチュエータシステムの2つの永久磁石群が互いに非対称に配置された場合、すなわち、2つの永久磁石群の磁極が逆方向に向けられた場合、各アクチュエータシステムのコイルは対称に駆動されることになる。すなわち、同じ周波数、位相、および振幅で駆動されることになる。図5Aでは、アクチュエータシステムは2つのコイルを有する。この2つのコイルは、逆位相の電流で駆動される。また、図5Aの永久磁石群は、各磁石群の双極子が同じ方向を向くように配置されてもよい。図5Aに示す2つのコイルに加えられる電流は、逆位相であるが、周波数と大きさは同じである。

30

【0055】

図5Aに示す磁石群は、四極子を形成する。8つのベーンと各ベーンに1つの磁石群を使用することで、これは八極子を形成する。永久磁石の多重極配置は、加えられた同じ電流に対してねじりを増大させる。図5Aおよび図5Bに示す実施形態において、棒磁石が使用されているが、円形磁石も使用されてもよい。また、必要とされるねじり力に応じて、各ベーンに複数の磁石群が設けられてもよい。

【0056】

磁石群の構成は様々であってもよい。図5Bに示すように、磁石群は、対称に配置されてもよい。また、磁石群の極が同じベーンにおける $3/8$ の位置と $5/8$ の位置で逆方向となるように配置される非対称な配置（図示せず）であってもよい。非対称に配置された磁石群のアクチュエータシステムのコイルに流れる電流は、位相が一致（対称）しており、可撓性プレートに作用する少なくとも2つの揺動トルクの正味和がゼロまたは実質的にゼロになるように作用する。少なくとも2つの揺動トルクは逆方向である。少なくとも2つの揺動トルクの和は、少なくとも2つの揺動トルクの最大値よりも小さくてもよい。

40

【0057】

また、磁性材料の配置と、コイルに流す電流の周波数、位相、および大きさは、リラクタンスモータの原理に従って設計し、磁気抵抗に基づくトルクを発生させることができる。磁化可能材料を有する可撓性プレートは、リラクタンスモータのロータに相当する。管状ハウジングの外側に配置されたコイルは、ステータのポールに相当する。コイルの電流は、リラクタンスモータのステータとロータとの間の動きに対応するトルクを発生させる

50

という所望の効果を得るために、時間の経過とともに位相が変化するように制御される。このリラクタンスモータの原理に対応する構成では、上述したように、アクチュエータシステムがセンサシステムとして使用されてもよい。また、コイルに加えられる電流位相と周波数は、可撓性プレートでトルクを発生させるトルク発生モードと、加えられたトルクによる可撓性プレートの動きを検出する検出モードとの間を切り替えるために、時間的に断続的に駆動される。リラクタンスモータの原理に基づく構成は、2つの電磁石が逆位相（非対称）で駆動される場合、可撓性プレートを第1次高調波状態で駆動するトルクを加えてもよい。

【0058】

電磁アクチュエータおよび永久磁石（埋め込み永久磁石）を有するアクチュエータシステムは、可撓性プレートの共振周波数で可撓性プレートのねじり振動を達成するために、様々な構成で配置されてもよい。電磁アクチュエータおよび埋め込み永久磁石を有する実施形態において、ハウジングの材料は磁性材料でなくてもよい。

【0059】

図7は、質量流量を測定するための方法の例示的な実施形態を示すフロー図である。質量流量計は、測定される流体の流れに接続される。流体は、少なくとも1つの管状ハウジングを通して流れる。少なくとも1つのアクチュエータシステムは、少なくとも2つの揺動トルクを可撓性プレートに加えて可撓性プレートをねじり振動させることにより、選択された周波数で少なくとも1つの管状ハウジング内の可撓性プレートをねじりモードで振動させる。可撓性プレートの複数の揺動は、可撓性プレートの揺動を時間の関数として測定するように構成された少なくとも2つのセンサシステムによって測定される。センサシステムは、加えられた少なくとも2つの揺動トルクに起因する少なくとも2つの位置における揺動を測定する。少なくとも1つの管状ハウジング内を流れる流体の質量流量は、少なくとも2つの位置で測定された揺動間の位相シフトに基づいて決定される。

【0060】

可撓性プレートに加えられる少なくとも2つの揺動トルクの正味和は、ゼロまたは実質的にゼロであってもよい。少なくとも2つの揺動トルクは、互いに反対方向であってもよい。その場合、2つのトルクは、互いに相殺し合い、大幅に改善された差動測定値が得られる。少なくとも2つの揺動トルクの和は、少なくとも2つの揺動トルクの最大値よりも小さくてもよい。

【0061】

質量流量計は、例えば、 CO_2 、 NH_3 、 H_2 、 LNG 、または高圧の他のガス流の質量流量を測定するために使用されてもよい。

【0062】

本明細書では、本発明の例示的な実施形態について説明したが、当業者であれば、その概念を取り入れた他の実施形態も使用できることが明らかであろう。上述した例および他の例は、例示のみを目的としたものであり、実際の発明の範囲は添付の特許請求の範囲に基づいて決定される。

10

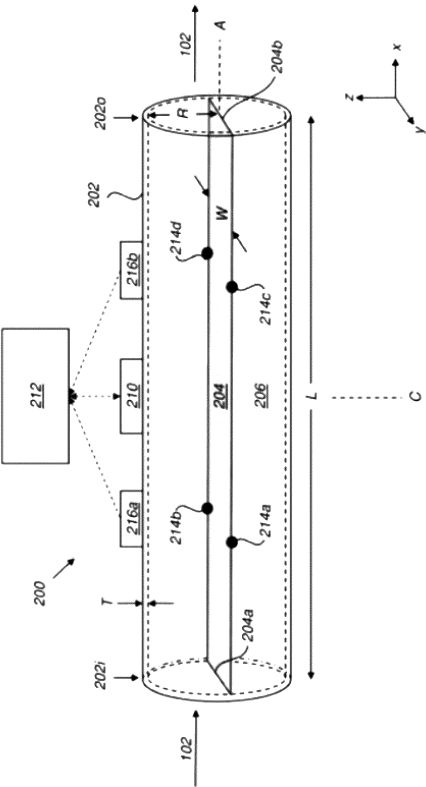
20

30

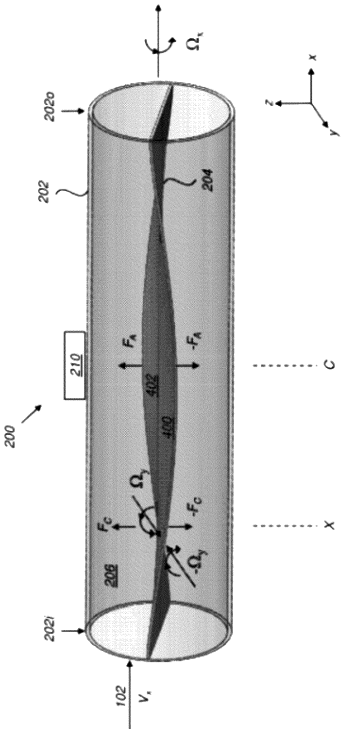
40

50

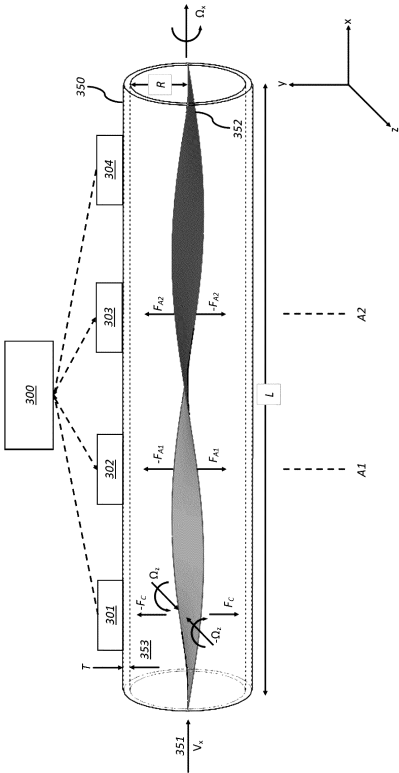
【図面】
【図 1 A】



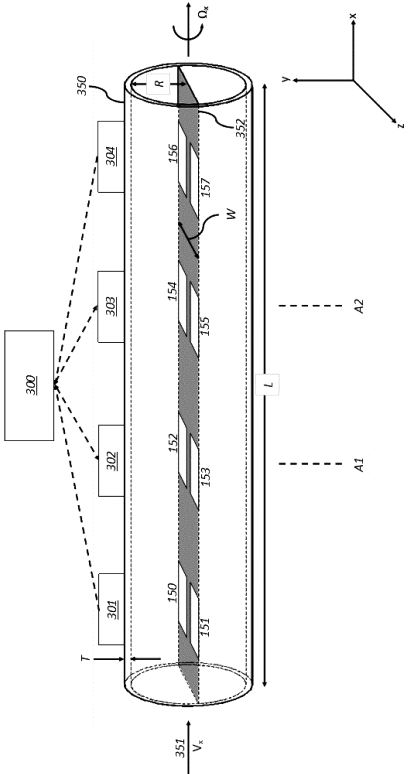
【図 1 B】



【図 2 A】



【図 2 B】



10

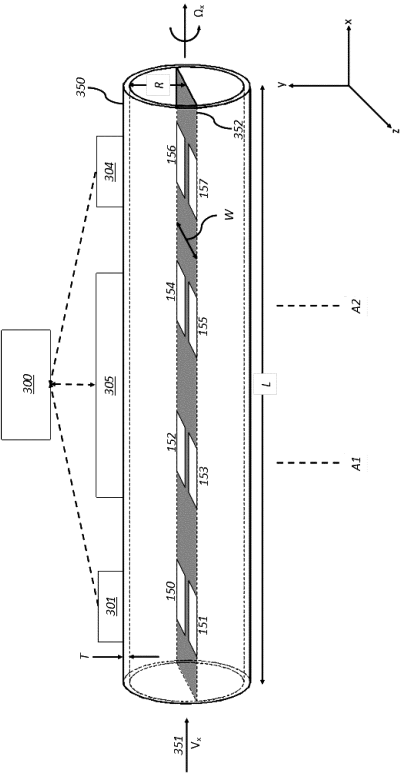
20

30

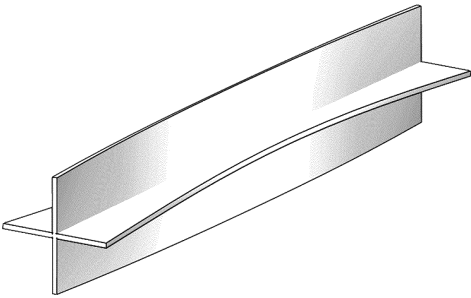
40

50

【図 2 C】



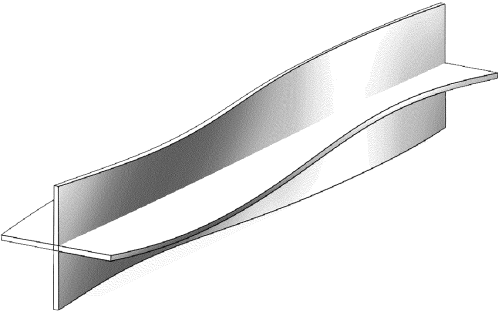
【図 3 A】



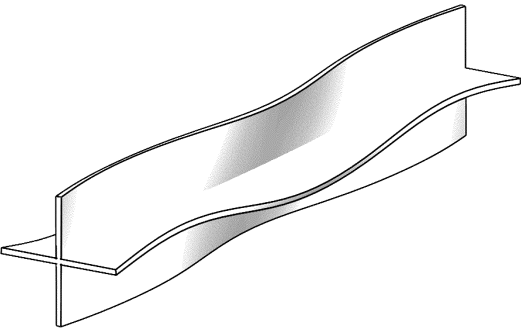
10

20

【図 3 B】



【図 3 C】

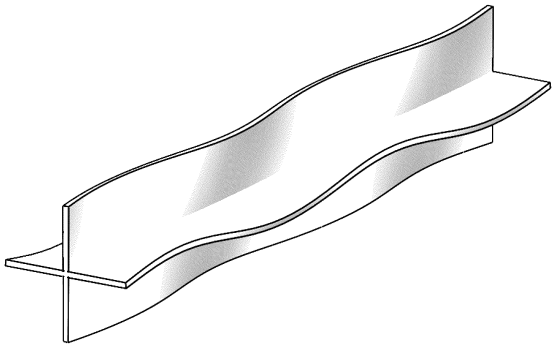


30

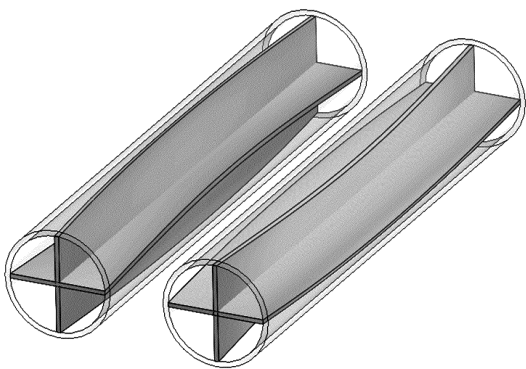
40

50

【図 3 D】

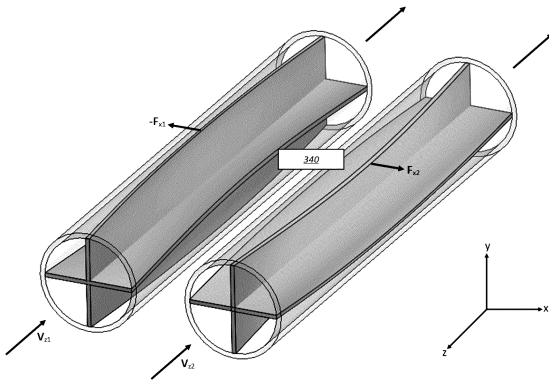


【図 4 A】

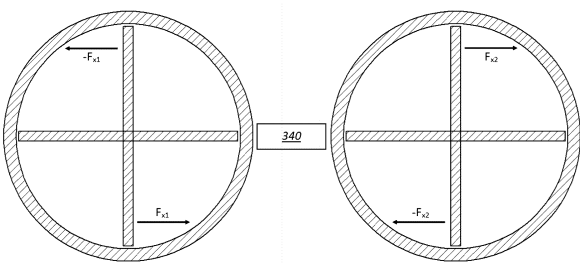


10

【図 4 B】

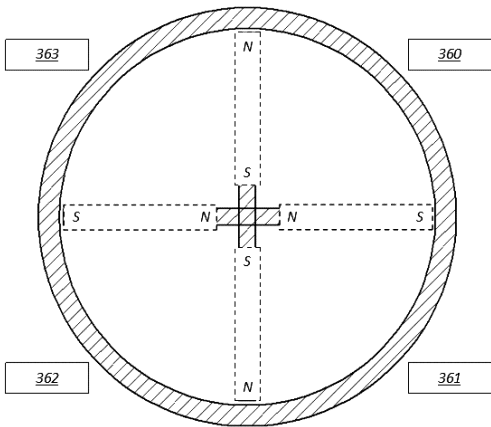


【図 4 C】

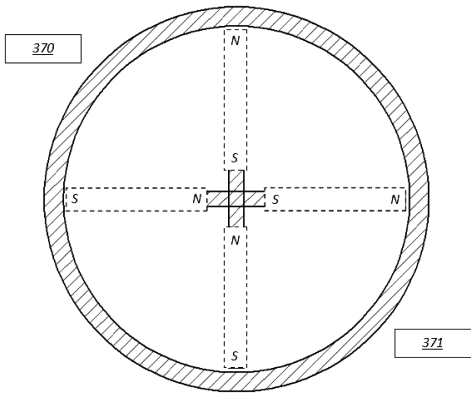


20

【図 5 A】



【図 5 B】

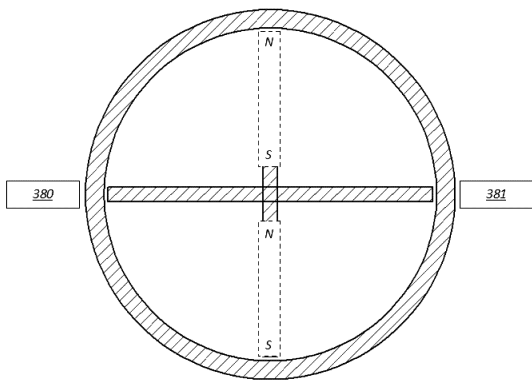


30

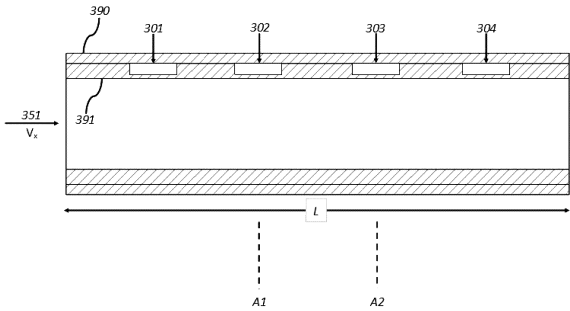
40

50

【図 5 C】

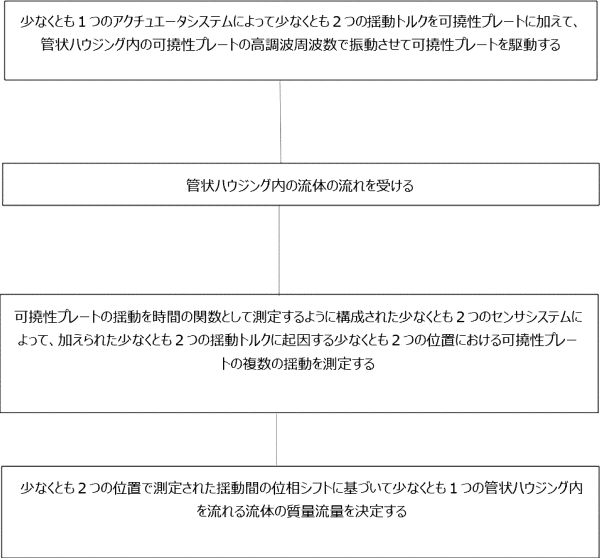


【図 6】



10

【図 7】



20

30

40

50

【手続補正書】

【提出日】令和6年2月5日(2024.2.5)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量流量計であって、

10

長手方向軸に沿って延在する管状ハウジングであって、前記管状ハウジングを通る流体の流れを受けるように構成された、管状ハウジングと、

前記管状ハウジングの少なくとも一部に沿って延在する可撓性プレートであって、前記可撓性プレートがねじり振動することができるように、前記可撓性プレートの長手方向端部の両側において前記管状ハウジングの内壁に少なくとも部分的に結合された可撓性プレートと、

前記可撓性プレートをねじり振動させるのに十分な少なくとも2つの揺動トルクを前記可撓性プレートに加えるように構成された少なくとも1つの電磁アクチュエータシステムであって、少なくとも2つの前記揺動トルクの和は、少なくとも2つの前記揺動トルクの最大値よりも小さい、少なくとも1つの電磁アクチュエータシステムと、

20

加えられた少なくとも2つの前記揺動トルクから生じる位置で、時間の関数として前記可撓性プレートの揺動を測定するように構成された少なくとも2つのセンサシステムと、を含む、質量流量計。

【請求項2】

前記可撓性プレートに加えられる少なくとも2つの前記揺動トルクの正味和は、ゼロまたは実質的にゼロである、請求項1に記載の質量流量計。

【請求項3】

少なくとも2つの前記揺動トルクは、互いに反対方向にある、請求項1または2に記載の質量流量計。

【請求項4】

30

少なくとも1つの前記電磁アクチュエータシステムは、前記管状ハウジングの外側に配置された電磁装置と、前記管状ハウジングの内側に配置された磁化可能材料と、を含む、請求項1に記載の質量流量計。

【請求項5】

前記電磁装置は、前記管状ハウジングの外側に配置された少なくとも1つのコイルを含む、請求項1に記載の質量流量計。

【請求項6】

前記磁化可能材料は、前記可撓性プレート上に配置される、請求項4に記載の質量流量計。

【請求項7】

40

前記磁化可能材料は、少なくとも1つの永久磁石を含む、請求項4に記載の質量流量計。

【請求項8】

前記磁化可能材料は、少なくとも1つの永久磁石群を含み、前記永久磁石は、双極子を形成するように対称に並んで配置される、請求項4に記載の質量流量計。

【請求項9】

前記磁化可能材料は、四極子を形成する4つの永久磁石群を含む、請求項4に記載の質量流量計。

【請求項10】

前記磁化可能材料は、双極子を形成する4つの永久磁石群を含、請求項4に記載の質量

50

流量計。

【請求項 1 1】

2つの前記センサシステムの各々は、ピックアップを含む、請求項 1 ～ 1 0 のいずれか 1 項に記載の質量流量計。

【請求項 1 2】

少なくとも 1 つの前記電磁アクチュエータシステムは、センサシステムとしても機能するように適合される、請求項 1 ～ 1 1 のいずれか 1 項に記載の質量流量計。

【請求項 1 3】

前記管状ハウジングは、非磁化性材料のライナである、請求項 1 ～ 1 2 のいずれか 1 項に記載の質量流量計。

【請求項 1 4】

前記ライナの外側に配置された圧力ハウジングをさらに含む、請求項 1 3 に記載の質量流量計。

【請求項 1 5】

少なくとも 1 つの前記コイルは、前記磁化可能材料を交互に磁化および消磁する交番電磁界を提供するように配置される、請求項 5 ～ 1 4 のいずれか 1 項に記載の質量流量計。

【請求項 1 6】

少なくとも 1 つの管状ハウジングを通る質量流量を測定するための方法であって、

少なくとも 1 つの前記管状ハウジングを通る流体の流れを受けるステップであって、ここで、前記管状ハウジングは、少なくとも 1 つの前記管状ハウジングの少なくとも一部に沿って延在する可撓性プレートを含み、前記可撓性プレートの長手方向端部の両側において少なくとも 1 つの前記管状ハウジングの内壁に少なくとも部分的に結合され、これにより、前記可撓性プレートは、ねじり振動することができる、ステップと、

少なくとも 1 つのアクチュエータシステムにより、少なくとも 2 つの揺動トルクを前記可撓性プレートに加えて前記可撓性プレートをねじり振動させて、選択された周波数でねじりモードで振動するように少なくとも 1 つの前記管状ハウジング内の前記可撓性プレートを駆動するステップであって、少なくとも 2 つの前記揺動トルクの和は、少なくとも 2 つの前記揺動トルクの最大値よりも小さい、ステップと、

加えられた少なくとも 2 つの前記揺動トルクから生じる少なくとも 2 つの位置で、時間の関数としての前記可撓性プレートの揺動を測定するように構成された少なくとも 2 つのセンサシステムによって、前記可撓性プレートの複数の揺動を測定するステップと、

少なくとも 2 つの位置で測定された前記揺動間の位相シフトに基づいて、少なくとも 1 つの前記管状ハウジング内を流れる流体の質量流量を決定するステップと、を含む、方法。

【請求項 1 7】

前記可撓性プレートに加えられる少なくとも 2 つの前記揺動トルクの正味和は、ゼロまたは実質的にゼロである、請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 1 8】

少なくとも 2 つの前記揺動トルクは、互いに反対方向にある、請求項 1 6 または 1 7 に記載の方法。

【請求項 1 9】

CO_2 、 NH_3 、 H_2 、または天然ガスの流体の流れの質量流量を測定するための、請求項 1 ～ 1 5 のいずれか 1 項に記載の質量流量計または請求項 1 6 ～ 1 8 のいずれか 1 項に記載の方法の使用。

10

20

30

40

50

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/NO2023/050044

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01F1/84
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 392 656 A (LEW HYOK S [US] ET AL) 28 February 1995 (1995-02-28) cited in the application A column 6, line 54 - column 14, line 21; figures 1-12	1, 5-7, 9-12, 14-17 2-4, 13, 18-20
X	US 10 393 560 B2 (GEN ELECTRIC [US]) 27 August 2019 (2019-08-27) cited in the application A column 3, line 32 - column 8, line 31; figures 1-5	1, 5-12, 14-17, 21 2-4, 13, 18-20
A	US 4 420 983 A (LANGDON ROGER M [GB]) 20 December 1983 (1983-12-20) column 9, line 21 - column 11, line 61; figures 11, 13	1-21
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 May 2023

Date of mailing of the international search report

07/06/2023

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Myrillas, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/NO2023/050044

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 048 351 A (DAMES ANDREW N [GB]) 17 September 1991 (1991-09-17) column 5, lines 5-39; figures 8, 9 -----	1-21
A	GB 1 591 974 A (BOSCH GMBH ROBERT) 1 July 1981 (1981-07-01) page 2, line 47 - page 3, line 56; figures 1, 3, 5 -----	1-21
A	US 4 493 215 A (GAST THEODOR [DE] ET AL) 15 January 1985 (1985-01-15) abstract; figure 1 -----	1-21

1

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/NO2023/050044

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5392656	A	28-02-1995	NONE	
US 10393560	B2	27-08-2019	EP 3589922 A1	08-01-2020
			US 2018252562 A1	06-09-2018
			US 2019376825 A1	12-12-2019
			WO 2018160382 A1	07-09-2018
US 4420983	A	20-12-1983	GB 2071848 A	23-09-1981
			US 4420983 A	20-12-1983
US 5048351	A	17-09-1991	AT 90450 T	15-06-1993
			DE 68907047 T2	21-10-1993
			EP 0379799 A1	01-08-1990
			GB 2227318 A	25-07-1990
			JP 2708250 B2	04-02-1998
			JP H02264824 A	29-10-1990
			US 5048351 A	17-09-1991
GB 1591974	A	01-07-1981	DE 2746890 A1	26-04-1979
			GB 1591974 A	01-07-1981
US 4493215	A	15-01-1985	DE 3124506 A1	05-01-1983
			JP S585614 A	13-01-1983
			US 4493215 A	15-01-1985

フロントページの続き

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,
ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,C
O,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,I
R,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX
,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,
SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW